

Ozono por efecto tracking en líneas de medio y alto voltaje en el crecimiento de la Lonicera periclymenum

Ozone tracking effect in medium and high voltage lines on the growth of Lonicera periclymenum

Omar Danilo Briones-Pacheco¹
Instituto Superior Universitario Portoviejo - Ecuador
new.danilo@hotmail.com

Lenin Mauricio Andaluz-Granda²
Instituto Superior Universitario Portoviejo - Ecuador
lenin.andaluz@itsup.edu.ec

doi.org/10.33386/593dp.2024.3.2485

V9-N3 (may-jun) 2024, pp 803-818 | Recibido: 30 de marzo del 2024 - Aceptado: 02 de abril del 2024 (2 ronda rev.)

1 Estudiante de la maestría de Tecnologías Aplicadas a los Negocios del Instituto Superior Universitario Portoviejo ITSUP, Técnico 1 de Subestaciones y Protecciones Eléctricas en la Subestación Eléctrica Portoviejo 1 de CNEL.

2 Docente e investigador del Instituto Superior Universitario Portoviejo (ITSUP).

Cómo citar este artículo en norma APA:

Briones-Pacheco, O., Andaluz-Granda, L., (2024). Ozono por efecto tracking en líneas de medio y alto voltaje en el crecimiento de la *Lonicera periclymenum*. 593 Digital Publisher CEIT, 9(3), 803-818, <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.3.2485>

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

El presente artículo expone los resultados centrados en el impacto del ozono generado por efecto tracking en el aislamiento de líneas de medio y alto voltaje en el desarrollo de la vida vegetal ocurridos en la Subestación Eléctrica Portoviejo 1 de CNEL EP Manabí. El experimento destacó la aceleración del crecimiento de plantas cercanas a dos transformadores de potencia de 69 a 13.8 kV y de 16 a 20 MVA, para demostrarlo se emplearon 2 grupos con 4 ejemplares cada uno de la planta trepadora Madreselva *Lonicera periclymenum*, uno influenciado con ozono en cantidad de 1.1 ppm y otro sin ello, aplicando como medios de ejecución un generador y medidor de O₃ y como medios de obtención de datos cualitativos la observación diaria del comportamiento de los sujetos estudiados respecto a sus cambios visibles y dirección de crecimiento y cuantitativos la medición del largo y ancho del tallo y el área foliar de las hojas más grandes de cada individuo usando el flexómetro, pie de rey y cinta métrica como instrumentos. Las conclusiones arrojadas del experimento exhibieron satisfactoriamente que el grupo con ozono (grupo A) mostró un efectivo avance de crecimiento frente al que no estuvo expuesto a este comprobando sus beneficios en la vegetación por su poder de desinfección de diversas plagas y por la aportación de oxígeno puro permitiendo un desarrollo sano y explicando por qué éstos crecen en dirección a este gas.

Palabras claves: aislamiento, efecto tracking, ozono, vegetación

ABSTRACT

This article presents the results focused on the impact of ozone generated by the tracking effect in the isolation of medium and high voltage lines on the development of plant life at the Portoviejo 1 Electric Substation of CNEL EP Manabí. The experiment highlighted the acceleration of plant growth near two power transformers of 69 to 13.8 kV and 16 to 20 MVA. To demonstrate this, two groups with 4 specimens each of the climbing plant Honeysuckle *Lonicera periclymenum* were used, one influenced with ozone in an amount of 1.1 ppm and the other without it, using as means of execution an O₃ generator and meter and as means of obtaining qualitative data the daily observation of the behavior of the subjects studied with respect to their visible changes and direction of growth and quantitative data the measurement of the length and width of the stem and the leaf area of the largest leaves of each individual using the flexometer, caliper and tape measure as instruments. The conclusions drawn from the experiment showed satisfactorily that the group with ozone (group A) showed an effective growth advance compared to the group that was not exposed to ozone, proving its benefits in the vegetation due to its disinfecting power against various pests and the contribution of pure oxygen, allowing a healthy development and explaining why they grow in the direction of this gas.

Keywords: i

Introducción

El ozono (O_3) "... es el oxígeno oxidado, la molécula triatómica del oxígeno, es decir, una variedad inestable del oxígeno" (Chicaiza Chuquitarco, 2021). Su formación sucede por el rompimiento de una molécula de oxígeno atmosférico (O_2) y la unión de estos 2 átomos disociados con un tercero del mismo elemento. Este "... es un producto que no deja residuo, ya que en el momento en que se aplica inmediatamente se convierte en oxígeno y evita la contaminación de la atmósfera" (Avilés Morán, 2022). En la naturaleza se origina "... por la energía irradiada de los rayos ultravioleta en longitud de onda inferior a 220 nanómetros o bien por la acción de una descarga eléctrica, de elevado potencial alterno, a través de una masa de gas que contenga oxígeno" (Chicaiza Chuquitarco, 2021). Pero también puede generarse por acción industrial "... a través de una red de reacciones en las que intervienen numerosos precursores emitidos a la atmósfera por la industria y por el tráfico de vehículos" (Aldo & Esteban, 2005). O por medios artificiales con generadores mediante fenómenos físicos como el efecto corona y el efecto tracking.

El ozono se puede crear artificialmente por descarga de corona; aire u O_2 que pasa a través de un campo eléctrico de alto voltaje. En este caso, la molécula de oxígeno estable se descompone y se divide en dos radicales de oxígeno que reaccionan entre sí para formar ozono. La formación de Ozono producido por descargas eléctricas en un gas se basa en la falta de homogeneidad de la corona descarga en el aire y en el oxígeno. (Avilés Morán, 2022)

El efecto tracking se presenta en las líneas de voltaje de instalaciones eléctricas que enfrentan un estrés eléctrico prolongado relacionado al manejo de tensiones elevadas y sumando factores ambientales como la humedad y la contaminación. Su origen yace en el aislamiento de los conductores y se desarrolla cuando el voltaje excede su rigidez dieléctrica ocasionando que el recorrido de la corriente se vea afectado por la formación de fugas (camino eléctricos) en la superficie del material generando

la ionización de las moléculas de oxígeno del aire alrededor de los conductores que finalizará en la producción de ozono. Un ejemplo del tipo de instalaciones que afrontan este fenómeno son las subestaciones eléctricas, donde su detección se realiza de forma sonora (zumbidos), visual (chisporroteos) y olfativa (olor); pero pese a sus desfavorables efectos "En la actualidad el ozono es usado con gran amplitud en diferentes áreas debido a sus propiedades y características" (Pruna Veintimilla, 2023). Entre estas aplicaciones está la sanidad y la agricultura, por este motivo se hará uso de este para demostrar su impacto en el desarrollo de la vida vegetal.

Se sabe que el ozono es el oxidante más poderoso que existe. Además, su eficacia como agente viricida, fungicida bactericida y germicida también ha sido demostrada en diversos estudios. En la agricultura, se ha demostrado que el ozono brinda beneficios adicionales, tanto para las plantas como para los productores, tales como: un crecimiento más fuerte de las plantas, tiempos de maduración más breves, mayor rendimiento y sabor y menos propensión a las enfermedades. (Avilés Morán, 2022)

La hipótesis planteada se basa en la atracción al ozono y crecimiento de las plantas circundantes a las líneas de medio y alto de voltaje de los transformadores de potencia de 69 a 13.8 kV y de 16 a 20 MVA de la Subestación Eléctrica Portoviejo 1 de CNEL EP Manabí que presentan el efecto tracking. Por este motivo, el objetivo propuesto es exponer la participación del O_3 en el desarrollo vegetal mediante un ambiente ozonizado ya que "A pesar de haber sido un contaminante ambiental que ha causado grandes pérdidas a la agricultura, las plantas han sido capaces de asimilar pequeñas cantidades de ozono y emplearlas en su beneficio." (González Ramírez, y otros, 2022). Y asimismo porque "... es un importante elemento que puede ser utilizado en plantas para inducir resistencia a estrés biótico o abiótico" (Bucio Villalobos, Díaz Serrano, Martínez Jaime, & Torres Morales, 2016). Esto debido a que posee "... un amplio espectro de acción, por lo que su aplicación puede servir para controlar diversas especies no solo de hongos fitopatógenos, sino también de

bacterias y nematodos” (Bucio Villalobos, Díaz Serrano, Martínez Jaime, & Torres Morales, 2016). Y no permanece en el aire porque “es tan inestable, recupera su estado original (O_2)... al interactuar éste con partículas orgánicas, con virus, bacterias, protozoos, etc” (Chicaiza Chuquitarco, 2021).

El experimento empleó como sujeto de estudio la planta trepadora Madreselva *Lonicera periclymenum*, realizando una comparación de crecimiento de 2 grupos (A y B) de 4 ejemplares cada uno, las condiciones ambientales fueron iguales a excepción que el grupo A fue influenciado con ozono en una cantidad determinada de 1.1 ppm (partículas por millón), valor elegido en contraste con el 0.1 ppm que produce el efecto tracking en las líneas de voltaje a fin de observar si existe alguna atracción hacia la mayor fuente de concentración. La concentración no puede ser excesiva ya que “... se ha demostrado que este gas puede alterar la morfología y fisiología de las plantas. En concentraciones moderadamente elevadas su efecto sobre las plantas puede ser negativo” (Bucio Villalobos, Díaz Serrano, Martínez Jaime, & Torres Morales, 2016). Las plantas al absorber una concentración alta pueden producir “... radicales libres muy oxidantes que alteran el metabolismo y la fisiología vegetal. Estos efectos se traducen en una disminución del crecimiento y producción de flores y semillas, la aceleración de la senescencia y la alteración de los ciclos de nutrientes” (Ruiz Checa, Alonso del Almo, & Bermejo Bermejo, 2020). No obstante, el valor de 1.1 ppm es adecuado porque “Se ha señalado el efecto benéfico del ozono aplicado en forma de gas (1ppm) sobre la disminución en la esporulación y el crecimiento del micelio de hongos que afectan productos vegetales...” (Bucio Villalobos, Díaz Serrano, Martínez Jaime, & Torres Morales, 2016). El ozono por efecto tracking se replicará mediante el uso de un generador.

Método

Localización del sitio experimental

El experimento se efectuó dentro de la Subestación Eléctrica Portoviejo 1 de CNEL

EP de la ciudad de Portoviejo, Provincia de Manabí, Ecuador; está ubicada por la Vía Manta antes de la entrada a la Ciudadela Bellavista, con coordenadas -1.0669229054527891, -80.47473556338778 (Figura 1).

Figura 1

Localización del Área Experimental



Nota. *Las imágenes utilizadas fueron obtenidas de Google Maps.

Método analítico-inductivo

La selección de este método se sustentó en la evaluación de la planta Madreselva *Lonicera periclymenum* respecto al O_3 estudiando el impacto e influencia de este gas en su crecimiento y desarrollo a lo largo del tiempo determinado. Esta investigación hará uso de la observación analítica y comparativa de dos grupos de la misma planta, uno con aplicación de O_3 y el otro sin este para demostrar su participación en la proliferación vegetal y decretar si existe o no una predominancia ante este tipo de ambientes.

Método cualitativo-cuantitativo

La elección de este método se centra en la comparación entre los dos grupos de plantas; por un lado, se detalló las características de las plantas y por el otro, se defendió estos mediante mediciones; ambos aspectos funcionaron conjuntamente para sustentar la hipótesis. El lado cualitativo aborda la observación directa con relación al aspecto de las hojas y tallos de las plantas, así como también la dirección en la que estas crecen, mientras que el lado cuantitativo aborda mediciones respecto al tamaño de las plantas, hojas y grosor de sus tallos empleando herramientas como flexómetro, pie de rey digital y cinta métrica.

Ficha de observación

Ficha de observación			
Fecha:			
Hora de inicio:		Hora de finalización:	
Grupo:		Sujeto:	
Valores cualitativos			
Aspecto de las hojas			
1	Color del limbo		
2	Color del envés		
3	Color del contorno		
4	Textura		
		Si	No
5	Protuberancias		
6	Manchas foliares		
7	Consumo de tejidos		
8	Plagas		
9	Marchitez o quemaduras		
Aspecto del tallo			
1	Color		
2	Textura		
		Si	No
3	Protuberancias		
4	Manchas		
5	Consumo de tejidos		
6	Plagas		
Dirección de crecimiento			
Valores cuantitativos	Medida ganada	Medida total	
Longitud del tallo (cm)			
Área foliar de las hojas (cm x cm)			
Grosor del tallo (mm)			

Desarrollo

En primera instancia, se aplicó en medidor O₃ para detectar su presencia en las líneas de voltaje ubicadas en los transformadores de potencia de 69 a 13.8 kV y de 16 a 20 MVA de la subestación Portoviejo 1. Los resultados fueron 0.1 ppm; dado que el experimento se realizará en la misma zona, se elevó a 1.1 ppm a fin de demostrar la atracción vegetal a la fuente de

mayor concentración, ya que estarán expuestas a estas dos fuentes, 0.1 ppm de las líneas y 1.1 ppm del generado, su inclinación y dirección de crecimiento determinará si esta suposición se cumple o no. La medición se realizó el 28 de noviembre del 2023.

En segunda instancia, se seleccionó una planta nativa del sector conocida como Madreselva *Lonicera periclymenum*. Se utilizó 2 grupos de esta, cada uno conformado de 4 ejemplares; el grupo A sería influenciado con ozono a 1.1 ppm, mientras que el grupo B estaría exento este a una distancia adecuada. Los ejemplares eran brotes de 4-6 cm de altura, 3 mm de grosor de su tallo, estos fueron trasplantados a sus respectivas áreas delimitadas para el experimento. La selección y medición de sus características iniciales se efectuó el 29 de noviembre del 2023.

“El ozono no puede ser almacenado debido a su gran inestabilidad química a presión y temperatura ambiente; esta situación obliga a los investigadores a disponer de un equipo generador del gas...” (Llerena Hidalgo, Castaño Oliva, & Joaquín Aguirre, 2015). En tercera instancia, se empleó un generador O₃ que ioniza el aire para producir ozono a 1.1 ppm, este se dispuso a 90° en dirección al grupo A y su emisión duró las 24 horas, los 7 días a la semana durante 1 mes. El área delimitada para cada grupo fue de 200x200cm y la distancia de separación de ambos fue de 40 metros. La determinación del área se realizó entre el 4 y 5 de diciembre del 2023, el experimento inició el 11 del mismo mes, después de obtener la autorización verbal para ejecutar el trabajo por el ingeniero Roger Bladimir Fernández, profesional de protecciones de Cnel Manabí.

Tabla 1

Especificaciones técnicas del generador de ozono empleado

Especificaciones técnicas	Valores
Voltaje/Frecuencia	AC 110V-50/60Hz
Potencia	18W
Dimensiones (AnxAlxProf)	16x24x6 cm
Flujo de oxígeno	0,5-3 L/min
Concentración de ozono	500 mg/h

Nota. *El generador utilizado es de la marca Tecno Israel, su concentración puede ser regulada

La distribución básica del generador de ozono son dos electrodos separados por una capa aisladora y un espacio de aire. Se aplica una corriente alterna de voltaje elevado. El espacio de aire se llena de un fulgor difuso llamado descarga ozonizadora. Para obtener la descarga es necesaria la capa aisladora ya que sin ella solo se produciría una chispa o un arco (...). La corriente alterna permite recoger las cargas de electrones durante un semi-ciclo de la corriente y soltarlos al invertir la polaridad.

La producción de ozono depende directamente del voltaje y la frecuencia a la cual opere el generador, tomando en cuenta que a mayor frecuencia menor es el voltaje aplicado a los electrodos y viceversa. (Osorio Jaramillo, 2020)

En última instancia, se analizó ambos grupos mediante la observación y comparación, documentando su progreso y comprobando la participación del ozono en el crecimiento vegetal. “La aplicación de O₃ es bastante factible ya que inactiva y elimina virus, bacterias, algas, esporas y protozoos; a su vez, puede descomponer detergentes, insecticidas, herbicidas, neutralizar completamente la urea, el amoníaco, el nitrito, entre otras sustancias” (Avilés Morán, 2022). Los resultados se obtuvieron durante el tiempo acordado de 1 mes empezando el 11 de diciembre del 2023 y finalizando el 05 de enero del 2024, el chequeo se realizó 2 veces al día en 30 minutos, de lunes a viernes, antes y después de los horarios laborales de la subestación de 7:30-8:00 a.m. y de 5:00-5:30 p.m.

Resultados

Comparación de los datos cualitativos obtenidos del análisis del grupo A y B

Cualidades de las hojas

Poseen hojas simples tipo elíptica por su forma de elipsis, crecen de forma opuesta una frente a la otra a lo largo de su tallo en sus nudos (punto de nacimiento de hojas) y son acuminadas porque se van estrechando gradualmente hacia su ápice (inicio de la hoja). El color verde de su limbo (parte que recibe luz solar) y contorno (bordes) es variable entre oscuro y claro y su envés (parte que no recibe luz solar) suele ser más oscura. Ver tabla 2.

Tabla 2

Cualidades de las Hojas de las Plantas

Hojas	Grupo A (con ozono)	Grupo B (sin ozono)
Valor #1: color	Limbos verdes oscuros y claros brillantes con reflejos azulados. Enveses verdes oscuros. Contornos verdes oscuros y claros	Limbos verdes grisáceos, opacos y apagados, algunos amarillentos. Enveses verdes oscuros. Contornos rojos oscuros y claros.
Valor #3: fisionomía	Sin manchas foliares en sus limbos. Tacto liso. Sin arrugas o protuberancias en los enveses. Sin indicios de consumo por plagas.	Presencia de manchas foliares y necrosis en limbos. Quemaduras y marchitez en contornos. Tacto áspero. Presencia de arrugas en los enveses. Indicios de consumo por plagas.

“El ozono provoca la mortalidad de los individuos (...) entre las 24 horas o antes, lo cual es favorable porque representa menor tiempo de exposición en comparación con el uso de fosfina” (Cevallos Taxi, 2020). El ozono demostró tener un impacto a nivel de desinfección del área de las plantas de grupo A, ya que los sujetos no demostraron ningún agente invasivo en sus cercanías, esto es sumamente útil, ya que un área limpia de plagas y otros microorganismos beneficia al correcto crecimiento de las plantas y su salud.

Normalmente se utilizan agentes desinfectantes como Peróxidos de Hidrógeno,

Cloro, amonios cuaternarios y otros que son altamente tóxicos para el medioambiente y cuya efectividad se ve comprometida muchas veces ya que se genera resistencia por parte de los microorganismos debido al uso descontrolado de estas moléculas. Es en este punto en que el ozono presenta una ventaja competitiva muy grande pues en un agente desinfectante de rápida volatilización, es decir, no tiene ningún tipo de residualidad que pueda poner en peligro la salud de los operarios o del medioambiente. (Osorio Jaramillo, 2020)

El O₃ es aprovechado rápidamente por las plantas, además de esterilizarlas de agentes infecciosos, brinda oxígeno puro y sin contaminantes como el óxido de nitrógeno causante de la necrosis, ya que "... brinda todas las posibilidades para catalogarse como un producto ambientalmente seguro, pues es una molécula altamente reactiva pero que se volatiliza en cuestión de segundos, garantizando de esta manera que el ambiente tratado está libre de trazas químicas tóxicas" (Osorio Jaramillo, 2020).

Cualidades del tallo

No posee un tallo muy grueso sino alargado de color marrón rojizo y es del tipo aéreo porque crece sentido opuesto a la gravedad a diferencia de los subterráneos y en la superficie en contraste con los acuáticos, al ser trepador depende de medios de apoyo para extenderse horizontal o verticalmente mediante sus zarcillos (enredaderas). Ver tabla 3.

Tabla 3

Cualidades del Tallo de las Plantas

Tallo	Grupo A (con ozono)	Grupo B (sin ozono)
Valor #1: color	Tono marrón rojizo claro brillante que oscureció gradualmente al crecer.	Tono rojo claro que oscureció a marrón gradualmente al crecer.
Valor #2: fisionomía	Textura lisa sin imperfecciones. No hubo protuberancias ni señales de consumo por plagas. No presentaron ninguna protuberancia ni manchas. No había señales de ataque de plagas u hongos.	Textura lisa, pero con algunas secciones ásperas y maltratadas. Tenían ciertos bultos cerca a sus nudos y señales de ataque de plagas cerca de las raíces. Se presentaron pequeños bultos cerca de los nudos.

El uso del O₃ en las plantas líquida diversas plagas "... no solo de hongos fitopatógeno, sino también de bacterias y nematodos. En la agricultura, el empleo del ozono permite disminuir la presencia de virus y microorganismos, lo que facilita que las plantas crezcan de manera sana" (Galarza Guachichullca, 2023). En cuanto a las afectaciones que pueden causar estos microorganismos, se testifica que:

La mayoría de las enfermedades de las plantas se producen por contagio. El Ozono destruye todos los microorganismos tanto por acción directa en el agua, como por la cantidad de oxígeno que desprende.... protege de contagios; destruye incluso bacterias, virus y quistes parásitos difíciles de combatir por otros procedimientos que además, implican el uso de productos químicos algunas veces nocivos para el consumo humano y siempre para el Medio Ambiente. (Ricaurte Galindo, 2006)

Acorde a esto, algunos autores destacan que la aplicación del ozono en la vegetación implica que "... es un potente agente germicida capaz de eliminar bacterias, virus, hongos y quistes parásitos, todo ello sin provocar la formación de compuestos tóxicos ni dejar residuos, puesto que se descompone espontáneamente en Oxígeno" (Ricaurte Galindo, 2006). El grupo A no manifestó afecciones visibles por algún tipo de plaga. "Se ha demostrado que solo es necesario 0,2 ppm de ozono por 4 minutos para eliminar una extensa cantidad de microorganismos en el suelo" (Avilés Morán, 2022). Y que "Entre las bacterias que combate el Ozono se encuentran familias tales como: Pseudomonas, Flavobacterium, Streptococcus, Legionella y entre los hongos como Candida Aspergillus (A. Niger, A. Fumigatus)" (Ricaurte Galindo, 2006). Además "... hay estudios de degradación de micotoxinas con ozono, las cuales son metabolitos secundarios producidos por las especies de Aspergillus, Penicillium y Fusarium" (Bataller Venta, Santa Cruz Broche, & García Pérez, 2010). Cuando se trata de hongos y bacterias que amenazan la integridad de los tejidos vegetales, las esporas que estos pueden crear resultan un problema y muchas veces este inconveniente no es fácil de solucionar con productos esporicidas,

puesto que estos pueden contener químicos que alterarían consecuentemente las plantas.

... el Ozono es también efectivo contra las esporas de aquellos que se propagan y reproducen por esta vía, las señaladas esporas son muy resistentes cuando las condiciones les resultan adversas y pueden permanecer largo tiempo en estado latente, trasladándose de lugar a través del aire u otros medios, hasta encontrar nuevamente condiciones de temperatura y humedad propicias, en cuyo caso darán lugar a una nueva infección.

Es por ello que las infecciones por microorganismos esporulados son extremadamente difíciles de erradicar por otros agentes y en tales casos, el Ozono brinda una protección muy eficaz. (Ricaurte Galindo, 2006)

En los insectos “El ozono puede afectar el tracto respiratorio e intestinal de los insectos, en especial cuando hay incrementos de temperatura, debido a que aumentan su tasa respiratoria y se facilita el ingreso del gas a su cuerpo” (Cevallos Taxi, 2020). Todo esto resalta que el ozono “... ha sido muy importante para la prevención de pérdidas de plantas durante el desarrollo del cultivo, especialmente los que se cultivan en vivero” (Ortiz López, 2023).

Dirección de crecimiento

Tabla 4
Dirección de Crecimiento de las Plantas

Grupos	Grupos A (con ozono)	Grupo B (sin ozono)
Semana #1: 11-15/12/23	Leve inclinación hacia el generador.	Crecimiento en dirección en vertical.
Semana #2: 18-22/12/23	Inclinación más notable, alargamiento más pronunciado con nuevos nudos y el aspecto más robusto y vivaz.	Crecimiento lento, cada planta tenía su dirección de crecimiento en busca de puntos de apoyo. Aspecto decaído.
Semana #3: 25-29/12/23	Surgieron los primeros sarcillos y se desarrollaron en dirección al generador. Tallo más largo con nuevas hojas y ramificaciones.	Cada planta encontró un soporte, algunas crecieron verticalmente y otras horizontal. Nuevas hojas eran amarillentas.
Semana #4: 01-05/01/24	La planta más cercana logró llegar al generador y enredarse. La vitalidad y color de las hojas se mantuvo.	El tamaño de las plantas era inferior a las plantas al grupo A. Algunas hojas lucían manchadas, resacas y marchitas.

“Las plantas han desarrollado un conjunto de mecanismos de respuesta para responder a varias tensiones ambientales mediante cambios morfológicos, bioquímicos y fisiológicos provocados por O₃” (Vázquez Ybarra, y otros, 2015). Se afirma que las plantas si se sienten atraídas hacia el ozono al crecer en dirección de su fuente de origen de mayor concentración (1.1 ppm) por los aportes que ofrece para su desarrollo. Dejando a un lado lo favorecedor en la eliminación de diversas plagas, este apoya a las plantas en procesos metabólicos distintos como:

... el metabolismo de los carbohidratos, la reducción de nitratos, la fijación simbiótica de nitrógeno, la renovación de proteínas, el mantenimiento del gradiente de protones y la absorción de nutrientes por las raíces, lo que genera efectos benéficos sobre el crecimiento radical y de vástago, y en el desarrollo general de la planta. (Ortiz López, 2023)

Aunque el O₃ si ayuda al crecimiento de algunas plantas, no existe evidencia científica que apoye la germinación de semillas, por ejemplo, en frejol común (*Phaseolus vulgaris L.*) “El efecto del ozono sobre la velocidad de germinación y el porcentaje de germinación fue diferente para las variedades (...) el tiempo de

exposición al ozono no afectó la germinación de las semillas” (Impene Combo, Vadés Herrera, Pozo Velázquez, & Cárdenas Morales, 2017).

Comparación de los datos cuantitativos obtenidos del análisis del grupo A y B

Crecimiento con relación al tiempo: longitud del tallo

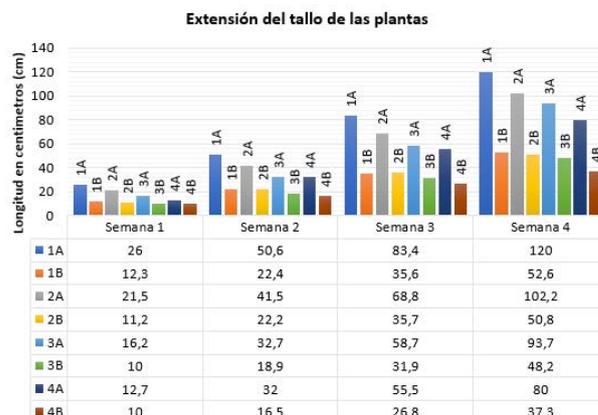
Tabla 5
Medición del Tallo de las Plantas

Grupos	Grupo A (con ozono)	Grupo B (sin ozono)
Semana #1: 11-15/12/23	S1: 20 cm. S2: 17,5 cm. S3: 10,2 cm. S4: 8,7 cm.	S1: 6,3 cm. S2: 5,2 cm. S3: 6 cm. S4: 4 cm.
Semana #2: 18-22/12/23	S1: 24,6 cm. S2: 20 cm. S3: 16,5 cm. S4: 19,3 cm.	S1: 10,1 cm. S2: 11 cm. S3: 8,9 cm. S4: 6,5 cm.
Semana #3: 25-29/12/23	S1: 32,8 cm. S2: 27,3 cm. S3: 25,7 cm. S4: 23,5 cm.	S1: 13,2 cm. S2: 13,5 cm. S3: 13 cm. S4: 10,3 cm.
Semana #4: 01-05/01/24	S1: 36,6 cm. S2: 33,4 cm. S3: 35 cm. S4: 24,5 cm.	S1: 17 cm. S2: 15,1 cm. S3: 16,3 cm. S4: 10,5 cm.

Nota. *Se utilizó un flexómetro, inicialmente las plantas tenían un tamaño de 4-6 cm. Cada planta fue abreviada como “S1, S2, S3 y S4”, S significa sujeto.

Las plantas del grupo A más próximas al O₃ obtuvieron una longitud de 102,2 a 120 cm, mientras que las que las demás fueron de 80 a 93,7 cm, considerando sus 4 a 6 cm iniciales. En contraste, el grupo B arrojó que las plantas obtuvieron una longitud entre 50,8 y 37,3 cm. Ver figura 2.

Figura 2
Extensión del Tallo de las Plantas



Nota. *Las mediciones están hechas a partir de los 4-6 cm iniciales. Las plantas de cada grupo están identificadas con un número seguido de la letra al cual pertenecen.

Se calculó la media aritmética a favor de obtener el promedio de crecimiento de ambos grupos de estudio:

Ecuación 1
Media Aritmética del Largo del Tallo del Grupo A

$$\bar{x} = \frac{80 + 93,7 + 102,2 + 120}{4} = \frac{395,9}{4} = 98,975$$

Ecuación 2
Media Aritmética del Largo del Tallo del Grupo B

$$\bar{x} = \frac{37,3 + 48,2 + 50,8 + 52,6}{4} = \frac{188,9}{4} = 47,225$$

El promedio de crecimiento del grupo A fue de 99 cm durante el lapso de 1 mes, por lo contrario, el promedio del grupo B fue de 47,2 cm.

Crecimiento con relación al tiempo: área foliar de las hojas

Tabla 6
Medición del Área Foliar de las Hojas de las Plantas

Grupos	Grupo A (con ozono)	Grupo B (sin ozono)
Semana #1: 11-15/12/23	S1: 3,5x1,2 a 6,3x3,3 cm. S2: 3,3x1,1 a 6,2x3,1 cm. S3: 3,1x1 cm a 5,4x3 cm. S4: 3x1,2 cm a 4,9x3,1 cm.	S1: 3,3x1,2 a 3,4x1,2 cm. S2: 3,3x1,2 a 3,4x1,2 cm. S3: 3x1,1 a 3x,1,2 cm. S4: 3x1 cm (sc).
Semana #2: 18-22/12/23	S1: 6,3x3,3 a 8,4x3,4 cm. S2: 6,2x3,1 a 8,2x3,2 cm. S3: 5,4x3 a 7,8x3,1 cm. S4: 4,9x3,1 a 7,5x3,1 cm	S1: 3,4x1,2 a 3,5x1,2 cm. S2: 3,4x1,2 cm (sc). S3: 3x,1,2 a 3,4x1,3 cm. S4: 3x1 a 3,3x1,2 cm
Semana #3: 25-29/12/23	S1: 8,4x3,4 a 11,7x3,6 cm. S2: 8,2x3,2 a 11,7x3,4 cm. S3: 7,8x3,1 a 11x3,3 cm. S4: 7,5x3,1 a 10,8x3,3 cm.	S1: 3,5x1,2 a 5,1x2,9 cm. S2: 3,4x1,2 a 4,3x2,3 cm. S3: 3x1,2 a 5x2,9 cm. S4: 3,3x1,2 a 4,4x2 cm.
Semana #4: 01-05/01/24	S1: 11,7x3,6 a 12x4 cm. S2: 11,7x3,4 a 12x3,8 cm. S3: 11x3,3 a 11,9x3,7 cm. S4: 10,8x3,3 a 11,8x4 cm.	S1: 5,1x2,9 a 6,3x3,4 cm. S2: 4,3x2,3 a 5,9x3 cm. S3: 5x2,9 a 6,5x3,4 cm. S4: 4,4x2 a 6x3,4 cm.

Nota. *Se empleó un pie de rey digital. Originalmente las hojas tenían una longitud y anchura de 3-3,5x1-1,2 cm. Sólo se usó la hoja más grande de cada planta. El término “sc” que significa “sin cambio”.

Las plantas del grupo A más próximas al O₃ (S1 y S2) obtuvieron valores de 12x4 y 12x3,8 cm, mientras que las demás (S3 y S4) ganaron 11,9x3,7 y 11,8x4 cm. En contraste, el grupo B arrojó que las hojas más grandes de los sujetos estaban entre 6,5x3,4 y 5,9x3 cm. Al igual que en la longitud del tallo es evidente que se destacó un crecimiento acelerado del grupo A.

Mediante los datos obtenidos de ambos grupos, se calculó la media aritmética a favor de obtener el promedio de crecimiento del área foliar de los grupos de estudios:

Ecuación 3
Media Aritmética del Largo y Ancho de las Hojas del Grupo A

$$\bar{x} = \frac{12 \times 4 + 12 \times 3,8 + 11,9 \times 3,7 + 11,8 \times 4}{4} = \frac{47,7 \times 15,5}{4} = 11,925 \times 3,875$$

Ecuación 4
Media Aritmética del Largo y Ancho de las Hojas del Grupo B

$$\bar{x} = \frac{6,3 \times 3,4 + 5,9 \times 3 + 6,5 \times 3,4 + 6 \times 3,4}{4} = \frac{24,7 \times 13,2}{4} = 6,175 \times 3,3$$

El promedio de crecimiento del largo y ancho de las hojas del grupo A fue 11,9x3,9 cm, mientras que en el grupo B fue 6,2x3,3 cm. La fórmula para el área foliar es la siguiente / AF=LxA/. Donde AF es el área foliar, L es el largo y A es el ancho de la hoja. A continuación, los resultados:

Ecuación 5
Área Foliar de las Hojas del Grupo A

$$AF = 11,9 \times 3,9 = 46,41$$

Ecuación 6
Área Foliar de las Hojas del Grupo B

$$AF = 6,2 \times 3,3 = 20,46$$

Los resultados arrojaron que el área foliar de las hojas de las plantas del grupo A fue de 46,41 cm², mientras que en el grupo B fue de 20,46 cm².

Crecimiento con relación al tiempo: grosor del tallo

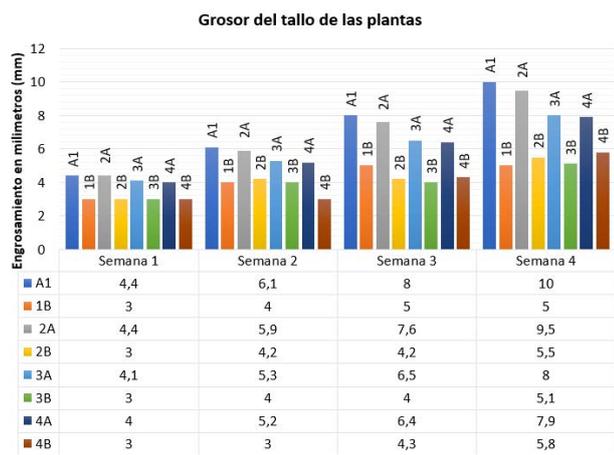
Tabla 7
Medición del Grosor del Tallo de las Plantas

Grupos	Grupo A (con ozono)	Grupo B (sin ozono)
Semana #1: 11-15/12/23	S1: 1,4 mm extra. S2: 1,4 mm extra. S3: 1,1 mm extra. S4: 1 mm extra.	S1: sc. S2: sc. S3: sc. S4: sc.
Semana #2: 18-22/12/23	S1: 1,7 mm extra. S2: 1,5 mm extra. S3: 1,2 mm extra. S4: 1,2 mm extra.	S1: 1 mm extra. S2: 1,2 mm extra. S3: 1 mm extra. S4: sc.
Semana #3: 25-29/12/23	S1: 1,9 mm extra. S2: 1,7 mm extra. S3: 1,2 mm extra. S4: 1,2 mm extra.	S1: 1 mm extra. S2: sc. S3: sc. S4: 1,3 mm extra.
Semana #4: 01-05/01/24	S1: 2 mm extra. S2: 1,9 mm extra. S3: 1,5 mm extra. S4: 1,5 mm extra.	S1: sc. S2: 1,3 mm extra. S3: 1,1 mm extra. S4: 1,5 mm extra.

Nota. *Se usó una cinta métrica. Inicialmente los sujetos tenían un grosor de 3 mm.

Las plantas del grupo A más próximas a la fuente de O₃ obtuvieron un grosor de 9,5 a 10 mm, mientras que las que las demás fueron de 7,9 a 8 mm, considerando sus 3 mm iniciales. En contraste, el grupo B arrojó que las plantas obtuvieron un diámetro superior de 5,5 a 5,8 mm e inferior de 5 a 5,1 mm a partir de sus 3 mm. Ver figura 3.

Figura 3
Grosor del tallo de las Plantas



Nota. *Las mediciones mostradas están hechas a partir de los 3 mm iniciales. Las plantas de cada grupo están identificadas con un número seguido de la letra al cual pertenecen.

Se calculó la media aritmética a favor de obtener el promedio de crecimiento del grosor del tallo de ambos grupos:

Ecuación 9

Media Aritmética del Grosor del Tallo del Grupo A

$$\bar{x} = \frac{7,9 + 8 + 9,5 + 10}{4} = \frac{35,4}{4} = 8,85$$

Ecuación 10

Media Aritmética del Grosor del Tallo del Grupo B

$$\bar{x} = \frac{5 + 5,1 + 5,5 + 5,8}{4} = \frac{21,4}{4} = 5,35$$

El promedio de crecimiento del grosor de los tallos durante el experimento para el grupo A fue de 8,9 mm, en comparación con el promedio del grupo B que fue de 5,4 mm.

Discusión

De acuerdo con los datos cualitativos, el grupo A demostró una adaptación y correspondencia O₃, utilizándolo para potenciar su crecimiento en comparación con el grupo B. “... se ha evidenciado que la utilización de ozono no contamina el suelo (...) dado que su producto de descomposición es el oxígeno, el uso del ozono favorece el desarrollo radicular y el crecimiento vegetativo” (Avilés Morán, 2022). Se afirma que este ofrece “... las mejores condiciones posibles para lograr un crecimiento mucho más rápido de lo habitual. La planta crecerá con más fuerza y vitalidad” (Chicaiza Chuquitarco, 2021). La vitalidad de las plantas del grupo A se observa en su apariencia, la participación del O₃ permitió librarlas de plagas y efectos de necrosis gracias a sus propiedades desinfectantes como plaguicida, a diferencia del grupo B que mostró indicios de daños en el limbo de sus hojas y tallo.

(...) no existe ningún tipo de residuo tóxico peligroso o contaminante tras la acción desinfectante del ozono. El resultado final de la reacción química es oxígeno, pues la molécula de ozono que está conformada por 3 átomos de oxígeno se volatiliza y vuelve a su estado natural,

el mismo en el que se encontraba antes de su generación artificial mediante los generadores eléctricos. (Osorio Jaramillo, 2020)

En la tabla 8, se detalla sus aportes en calidad de esterilización de organismos invasores y algunos ejemplos de estos agentes infecciosos que previene a las plantas.

Tabla 8
Acciones de esterilización del ozono en plantas

Acción	Hechos	Agentes infecciosos prevenidos
Bactericida	Muerte por oxidación de su pared celular y ácidos nucleicos. Efecto bacteriostático al impedir su reproducción. No pueden desarrollar inmunidad.	Mancha foliar angular de las cucurbitáceas (<i>Pseudomonas syringae</i>) y fuego bacteriano (<i>Erwinia amylovora</i>).
Fungicida	Muerte por oxidación de su membrana de los fosfolípidos, materiales genómicos y enzimas intracelulares. Degrada sus micotoxinas y aflatoxinas.	Pudrición húmeda (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) y blanca (<i>Sclerotium cepivorum</i>).
Esporicida	Muerte por oxidación de su envoltura, enzimas intracelulares y material nucleico. Inhibe su germinación y mutación.	podredumbre gris (<i>Botrytis cinerea</i>) y morena (<i>Monilinia fructicola</i>).
Insecticida	Acción repelente y asfixiante. Muerte en estado larvario. Inactiva la eclosión de huevos.	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>) y mosquito verde (<i>Empoasca vitis</i>).
Nematicida	Muerte por oxidación de su pared externa en fase de huevo o larva.	Nematodo de la agalla (<i>Meloidogyne spp</i>) y del quiste (<i>Heterodera glycines</i>).
Acaricida	Acción repelente y asfixiante. Muerte en estado larvario. Inactiva la eclosión de huevos.	Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>) y ácaro rojo oriental (<i>Eutetranychus orientalis</i>).
Viricida	Muerte por oxidación de su envoltura y ácidos nucleicos. No pueden desarrollar inmunidad o reproducirse.	Virus del rizado amarillo (TYLCV) y de la marchitez manchada del tomate (TSWV).
Protozoicida	Muerte por oxidación de su membrana plasmática y citoplasma.	Marchitez sorpresiva (<i>Phytomonas sp</i>) y (<i>P staheli</i>).

Por otra parte, respecto a los datos cuantitativos, el promedio de crecimiento de la longitud de los tallos fue de 99 cm para el grupo A, mientras que el grupo B fue 2 veces menor de 47,2 cm, en el área foliar de las hojas del grupo A fue de 46,41 cm², en cambio el grupo B fue 2 veces menor de 20,46 cm² y en el diámetro del

tallo fue de 8,9 mm para el grupo A, a diferencia del grupo B que fue de 5,4 mm.

... provoca incrementos significativos en el área foliar, la materia seca del brote y el grosor del tallo, estimula al crecimiento y con ello la productividad, incrementa el contenido de oxígeno disuelto en el agua, garantiza la calidad microbiológica del agua, aumenta la biodegradabilidad de los macronutrientes vegetales... (García García, 2020)

Con este notorio contraste se afirma que el O₃ sí contribuyó significativamente en el crecimiento de la Madreselva *Lonicera periclymenum* y que estas plantas tienen una predominancia ante este gas pues beneficia a su desarrollo ya que "... es 120 veces más fuerte que el cloro, lo que lo convierte en el desinfectante más eficaz del mundo" (Avilés Morán, 2022). Y porque "Mediante el uso de este producto se puede conseguir la solución al problema de reducir las pérdidas postcosechas" (Valdés Herrera, y otros, 2012). Asimismo "El desarrollo de las plantas está directamente relacionado con la cantidad y calidad de nutrientes que están disponibles en el suelo" (Chicaiza Chuquitarco, 2021). Y al aplicar el ozono "éste favorece la nitrificación y la asimilación de los nutrientes al aportar oxígeno al suelo" (González Ramírez, y otros, 2012). Esto debido a que es un fitoregulator que "... produce una mayor aportación de oxígeno a la raíz de la planta, lo que permitirá una nutrición con la seguridad de eliminar gérmenes, bacterias, esporas y cualquier microorganismo que impida un crecimiento o funcionalidad equivocada de la planta" (González Ramírez, y otros, 2012).

Al aplicarse "En menos de un segundo, el átomo extra de oxígeno desprendido de la molécula de Ozono se enlazará con el otro material. Como producto residual permanecerá solamente la molécula de oxígeno pura y estable" (Chicaiza Chuquitarco, 2021). Esto consecuentemente "... acelera la mineralización sin necesidad de valerse de otros agentes, convirtiendo la materia orgánica en un suelo rico en nutrientes para las plantas. El Ozono incrementa y conserva la fertilidad de la tierra a medio y largo plazo" (Guisha Llamba, 2019).

Y al ser regadas aporta al agua pureza pues “La ausencia de gérmenes confiere al agua las mejores condiciones posibles para lograr un crecimiento mucho más rápido de lo habitual” (Moreta Chasi, 2022). La privación de O_3 puede provocar que oxígeno no sea aprovechado por la vegetación y “La falta de O_2 en las raíces provoca que la planta pueda presentar disminución en consumo de agua, marchitamiento y conductancia estomática reducida (...) crecimiento lento y disminución de rendimiento” (Ortiz López, 2023).

El crecimiento de las plantas se relaciona con cuán libres estén estas de plagas y por esta razón se sienten atraídas al ozono al brindar un ambiente esterilizado y con aporte de oxígeno.

No sólo mejorará el aspecto de la planta (hojas, tallos, raíces), sino que también sus frutos, estos cumplirán el ciclo de maduración en menor espacio de tiempo de lo habitual y, por lo general, presentarán un tamaño uniforme, compacto, fuerte y relativamente de mayor volumen. (Moreta Chasi, 2022)

El O_3 ha demostrado que “... también puede destruir pesticidas y residuos químicos, como subproductos clorinados” (Xu, 2008). Y que “El riego con Ozono repara suelos degradados y contaminados de patógenos, rescatándolos y preparándolos para nuevos ciclos de cultivo” (Chávez Pozo & Paredes Aynuca, 2019).

Con el tiempo, y más estudios sobre sus beneficios, el uso de plaguicidas será obsoleto y el ozono tomará un papel protagónico en la agricultura. “El uso indiscriminado y descontrolado de fertilizantes químicos, a largo plazo empobrece los suelos agrícolas, afectando de forma negativa a las plantas y microorganismos edáficos” (Avilés Morán, 2022). Siempre se busca encontrar nuevas formas de impulsar el crecimiento natural de las plantas sin que estas se vean afectadas por efectos secundarios, el ozono demuestra una nueva ventaja en este ámbito.

Cuando se aplican concentraciones de ozono inferior a 2 ppm, sea por medio de riego por goteo, así como nebulización o micro-aspersión, se logra aportar agua libre de microorganismos

patógenos, permite que las plantas crezcan en un ambiente favorable y estéril para el cultivo. Sin embargo, estas condiciones son de muy corta duración, por lo que es necesario regar con este sistema de forma casi continua, lo que evitará la entrada de microorganismos infecciosos. (Avilés Morán, 2022)

Sin embargo, es importante destacar que el experimento utilizó sólo un tipo de planta y que el crecimiento puede ser distinto con otro tipo de flora. “... la técnica a implementar esta estrategia de desinfección va a depender del cultivo elegido y de las condiciones en las que ocurre la aplicación” (Avilés Morán, 2022). En algunas especies, el ozono puede afectar, ya que “Las plantas tienen diferentes respuestas frente a la exposición al ozono, presentan alteraciones estomáticas, reducción de los pigmentos fotosintéticos y una reducción en la actividad y cantidad de la enzima rubisco” (Andrade Durán, 2017).

En el caso de plantas cultivadas en huertos, existen estudios que afirman que el O_3 “... puede incrementar la vida útil de frutas y hortalizas gracias a su potencial altamente oxidante que destruye los componentes vitales de las células péptidos y proteínas), además de deteriorar los ácidos nucleicos afectando su capacidad metabólica y reproductiva” (García García, 2020). Un ejemplo ya estudiado es la arveja (*Pisum sativum*) donde “Mediante la aplicación del agua ozonificada se pudo evidenciar que existió desarrollo de planta de arveja en la concentración 2 (2ppm) a los 20 días obtuvo mayor altura con 37,9 cm y diámetro de tallo con 0,57 mm” (Chicaiza Chuquitarco, 2021). Otro ejemplo es la papaya (*Carica papaya L.*) donde “... propició un adelanto de tres días para que las posturas alcanzaran el tamaño necesario, lo que indica un mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y posibilita su mejor desarrollo” (González Ramírez, y otros, 2012). Sin embargo, también existen ejemplos donde el ozono afecto la producción de plantas como “cultivos de remolachas, cebollas, patatas, soya, judías verdes y blancas, espinaca, maíz, tomate, tabaco, nabos, trigo y lechuga” (Andrade Durán, 2017).

Conclusiones

Primeramente, el ozono demostró tener un gran impacto e influencia en el crecimiento de la planta MadreSelva *Lonicera periclymenum*. A nivel cualitativo sus hojas y tallos evidenciaron una apariencia más natural con tonalidades y texturas saludable y sin presencia de manchas foliares o alteraciones visibles en contraste con las demás plantas silvestres; mientras que, a nivel cuantitativo se logró autenticar como los sujetos de estudio incrementaron su tamaño exponencialmente durante el lapso del experimento a diferencia de sus contrapartes exentas del gas, tanto en la longitud, área foliar de las hojas y grosor del tallo en promedios de 99 cm, 46,41 cm² y 8,9 mm respectivamente.

Asimismo, la aplicación de ozono en la vegetación expuso una ventaja notable en el combate de la necrosis y otras afecciones producidas por plagas. De acuerdo con los resultados se encontró que la exposición del gas expulsó no sólo insectos, sino también bacterias, hongos y demás gérmenes cercanos a los sujetos de estudios, actuando como agente insecticida y plaguicida y por consiguiente reduciendo la aparición de enfermedades y manteniéndolas sanas, además brindó un gran aporte de oxígeno al suelo que pudo ser aprovechado por las raíces de las plantas, ya que el ozono actuó como un fitorregulador para el suelo.

Para finalizar, el comportamiento de las plantas estudiadas reveló que, en cuanto a la dirección de crecimiento, estas mostraron atracción hacia el ozono, desarrollándose en sentido horizontal al generador. Además, dado que las plantas estudiadas fueron ubicadas cerca de las líneas de medio y alto voltaje que presentaban el efecto tracking que también generaba ozono en valor de 0.1 ppm, la vegetación creció en orientación a la fuente de mayor concentración que

fue el generador que emitía una cantidad de 1.1 ppm.

Referencias bibliográficas

- Vázquez Ybarra, J. A., Peña Valdivia, C. B., Trejo, C., Villegas Bastida, A., Benedicto Valdéz, S., & Sánchez García, P. (2015). Promoción del crecimiento de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con dosis subletales de ozono aplicadas al medio de cultivo. *Revista fitotecnia mexicana*, 406. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802015000400009&script=sci_arttext
- Aldo, B., & Esteban, S. (2005). Química, educación ambiental y vida cotidiana: el ozono troposférico. *Enseñanza de las Ciencias*, 252. Obtenido de <https://enciencias.uab.cat/article/view/v23-n2-borsese-esteban>
- Andrade Durán, O. R. (2017). Evaluación de los efectos del ozono troposférico en las características morfológicas de la especie *lactuca sativa*. *Tesis de posgrado*, 11-12. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad de las Américas. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7883>
- Avilés Morán, L. E. (2022). Uso de ozono para desinfección de suelos en el cultivo de banano (*Musa x paradisiaca*) en el Ecuador. *Trabajo de titulación*, 2-7-8-11-13-14. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador: Universidad técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13233>
- Bataller Venta, M., Santa Cruz Broche, S., & García Pérez, M. A. (2010). El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 156. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181220593001.pdf>
- Bucio Villalobos, C. M., Díaz Serrano, F. R., Martínez Jaime, O. A., & Torres Morales, J. J. (2016). Efecto del ozono sobre la población microbiana del suelo y el crecimiento de las plantas

- de fresa. *Terra Latinoamericana*, 230-231-233. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792016000200229&script=sci_arttext
- Cevallos Taxi, S. F. (02 de 2020). Evaluación del efecto de ozono (o₃) en el control de gorgojo pagiocerus frontalis (f.), en granos almacenados de maíz suave (zea mays l.) en la provincia Cotopaxi, campus experimental Salache, proyecto granos andinos 2020. *Proyecto de investigación*, 20-22-37. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6627>
- Chávez Pozo, A. J., & Paredes Aynuca, D. P. (02 de 2019). Determinación del Efecto del Ozono (o₃) en diferentes Niveles de Concentración en Agua, para el Control Ambiental de Mosca del Ápice de Chocho (anthomyiidae). *Proyecto de investigación*, 19. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5245>
- Chicaiza Chuquitarco, O. E. (08 de 2021). Evaluación del efecto de la aplicación del ozono (o₃) para el control del hongo ascochyta en Arveja (pisum sativum) en el sector de Salache, provincia Cotopaxi, periodo 2021. *Proyecto de investigación*, 9-14-32-37. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8114>
- Galarza Guachichullca, O. R. (2023). El Ozono (O₃) como una alternativa ecológica para el control de la mosca del ápice en el cultivo del chocho (Lupinus Mutabilis Sweet). *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 532. Obtenido de <https://www.editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/690/963>
- García García, M. D. (2020). Ozono aplicado en riego para control de enfermedades fungosas en el cultivo de pepino. *Tesis de Licenciatura*, 15. Teziutlán, Puebla, México: Universidad Autónoma de Puebla. Obtenido de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/15663>
- González Ramírez, J. E., Bataller Venta, M. O., Veliz Lorenzo, E., Valdés Herrera, R., Portal Villafaña, O., Basail Pérez, M., . . . Fernández Torres, I. (2022). Aplicaciones del ozono en la agricultura cubana. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 2. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2304-01062022000300005&script=sci_arttext
- González Ramírez, J. E., González Vázquez, R. E., Veliz Lorenzo, E., Mollineda Trujillo, Á., Rodríguez Pérez, D., & Pozo Velázquez, E. (2012). Morfofisiología de posturas de papaya irrigadas con tres calidades diferentes de agua. *Centro Agrícola*, 36. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricola/2012/vol39/no4/6.pdf>
- Guisha Llamba, W. D. (08 de 2019). Determinación de dos Dosis de Ozono (o₃) con 2 frecuencias para el Control de Damping off (phytium, fusarium oxysporum, phytophthora) en Amaranto (amaranthus caudatus) en Piloneras Salache. *Proyecto de investigación*, 16. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6344>
- Impene Combo, I. B., Vadés Herrera, R., Pozo Velázquez, E., & Cárdenas Morales, M. (2017). Efecto del ozono (O₃) sobre semillas almacenadas del frijol común (Phaseolus vulgaris L.). *Centro Agrícola*, 45. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v44n4/cag07417.pdf>
- Llerena Hidalgo, Á., Castaño Oliva, R., & Joaquín Aguirre, C. (2015). Relación de la concentración y frecuencia de aplicación de ozono con el nivel de daño de la Sigatoka Negra en banano. Diseño de un protocolo de riego con agua ozonificada. *Alternativas*, 68. Obtenido

- de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599765>
- Moreta Chasi, K. D. (03 de 2022). Evaluación del efecto de la aplicación del ozono (O₃) para el control de mildiu (*Peronospora variabilis*) en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Var. Iniap Tunkahuan. *Proyecto de investigación*, 26. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9217>
- Ortiz López, B. A. (10 de 08 de 2023). Aplicación de ozono en la producción de plántula de chile poblano cultivada en dos tipos de sustrato y fertilización. *Tesis de licenciatura*, 30-31. Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/49376>
- Osorio Jaramillo, A. F. (07 de 09 de 2020). Estudio de factibilidad para la introducción de la tecnología de desinfección con ozono para sustratos utilizados en agricultura de una empresa ubicada en la ciudad de Bogotá. *Trabajo de grado*, 6-8-9-25-56. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/29774>
- Pruna Veintimilla, W. C. (02 de 2023). Evaluación de la concentración de ozono (O₃) en la última etapa de desamargado de chocho (*Lupinus Mutabilis* Sweet) para la conservación del producto final. *Trabajo de investigación*, 16. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10761>
- Ricaurte Galindo, S. L. (2006). Ozonoterapia, una opción para el sector agropecuario!!! *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 4-5-6. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617167005.pdf>
- Ruiz Checa, R., Alonso del Almo, R., & Bermejo Bermejo, V. (2020). La contaminación atmosférica: otro factor del cambio global que amenaza el funcionamiento y la biodiversidad de los ecosistemas. *Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas*, 2.
- Valdés Herrera, R., Pozo Velázquez, E., Cárdenas Morales, M., Jimenez Ferrer, L., Pérez, C., & Rodríguez Rojas, R. (2012). Efecto del ozono sobre el vigor de semillas de Garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Centro Agrícola*, 22. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricola/2012/vol39/no4/4.pdf>
- Xu, L. (2008). Uso de ozono para mejorar la seguridad de frutas y vegetales frescos. *Revista Científica Mundo Alimentario*, 8. Obtenido de <http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/03/Ozono-para-mejorar-la-seguridad-de-frutas-y-vegetales.pdf>